

**ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И УСЛОВИЯ ПЕРЕНОСА РУДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В БУРЫЕ  
УГЛИ В ЗОНАХ КОНТРАСТНЫХ ФОРМ СОПРЯЖЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ  
И ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ СООРУЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗЕЙСКО-БУРЕЙНСКОГО  
БАССЕЙНА И ТУРАНСКОГО МАССИВА) (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, РОССИЯ)**

*А.П. Сорокин, Н.И. Белозеров, А.А. Попов*

*ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Релочный пер. 1, г. Благовещенск, 675000;  
e-mail: sorokinap@igm.ru*

Поступила в редакцию 28 декабря 2020 г.

Изучены условия формирования палеоген-неогеновых металлоносных углей в обстановке активизации тектонических движений в зоне сопряжения Туранского массива и Зейско-Буреинского бассейна. Установлено клавишное строение массива с Селемджинско-Томским и Архаринским грабенами, разделенными Бурейским горстом, ограниченными системами северо-восточных сдвигов. Показано, что наиболее благоприятные условия накопления рудных микрокомпонентов в углях существовали в пределах погруженных блоков массива за счет размыва позднемеловых рудоносных кор выветривая химического типа. Миграция микрокомпонентов осуществлялась палеогидросетью, дренировавшей грабены и сопряженные с ними седиментационные прогибы восточной окраины Зейско-Буреинского бассейна. Транспортировка рудного материала к областям угленакопления происходила преимущественно в растворенной и кластогенной формах, о чем свидетельствует сходство элементного состава углей Зейско-Буреинского бассейна и геохимических аномалий Туранского массива.

**Ключевые слова:** бурые угли, рудные компоненты, потоки рассеяния, шлиховые ореолы, геохимические районы, кора выветривания, формы нахождения и перенос рудного материала, Туранский массив, Зейско-Буреинский бассейн.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

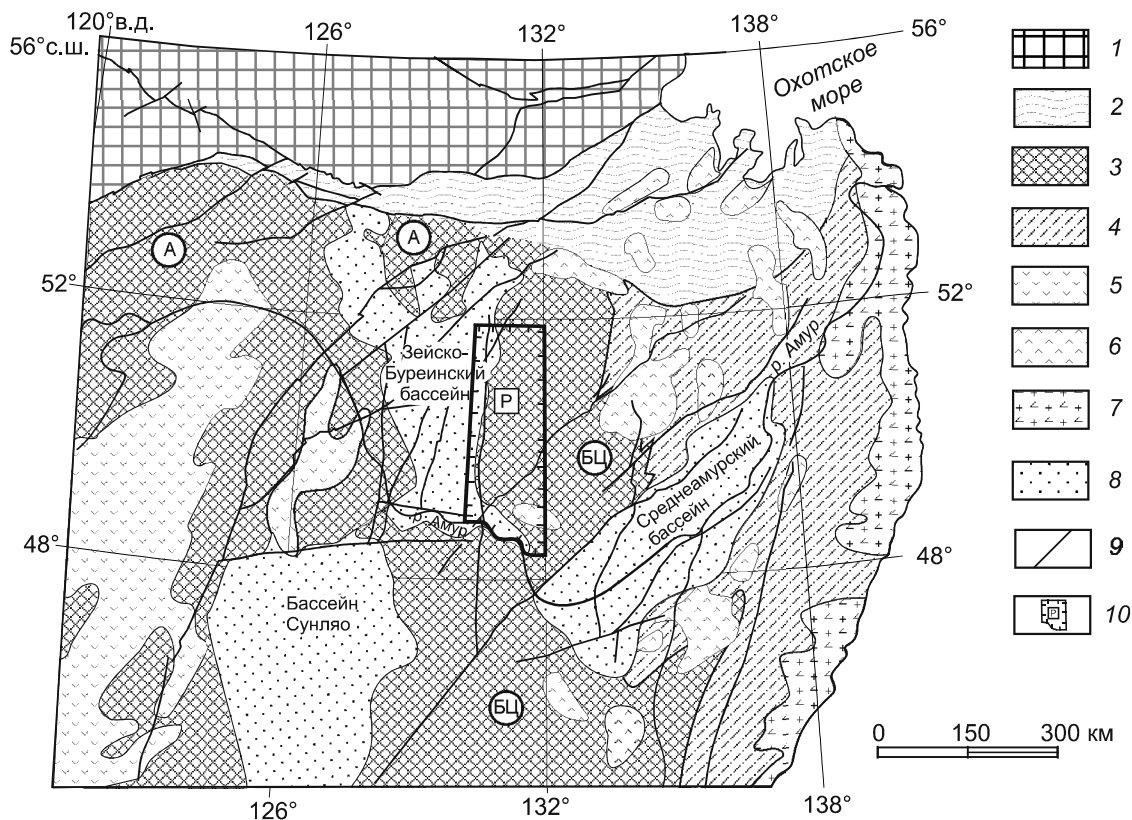
Изучение металлоносности угленосных отложений заметно активизировалось в течение последних десятилетий. Повышенные (по отношению к кларку) содержания благородных, редкоземельных и сопутствующих им элементов в углях за это время установлены в осадочных бассейнах Сибири, Дальнего Востока России, Китая, Англии, Узбекистана и других стран. К настоящему времени исследованы условия их накопления, определены геохимический и минералогический состав [8, 25, 27, 28, 31, 37, 40]. Большое внимание уделяется вопросам миграции, формам переноса и локализации микрокомпонентов в углях, процессам взаимодействия их с органическим веществом, практической значимости отдельных рудных элементов [2, 5, 20, 21, 29, 38].

В настоящей статье авторы исследовали последовательный процесс высвобождения, переноса рудных компонентов из Туранского массива и накопления их в угленосных отложениях Зейско-Буреинского

осадочного бассейна, протекавших в условиях активизации тектонических движений.

#### **ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Выбор объектов исследований авторы ограничили территорией юго-восточной окраины Дальнего Востока, в пределах которой известны осадочные бассейны с углями повышенной металлоносности [13–15, 17, 23–25, 31, 34 и др.]. Среди них выбран Зейско-Буреинский бассейн с высокой степенью металлоносности палеоген-неогеновых углей и ограничивающий его Туранский массив – с широким металлогеническим разнообразием рудных объектов. Рассматриваемый бассейн – одна из крупнейших мезозойско-кайнозойских отрицательных структур восточной Азии, сформированная на древних блоках Центрально-Азиатского складчатого пояса. На западе он ограничен вулканогенно-плутогенными образованиями Большого Хингана, на севере – позднемезозойским Монголо-Охотским поясом и блоками Аргунского микроконтин-



**Рис. 1.** Геологическая позиция Зейско-Буреинского бассейна среди основных структур Восточной Азии (с использованием [9], с дополнениями и изменениями).

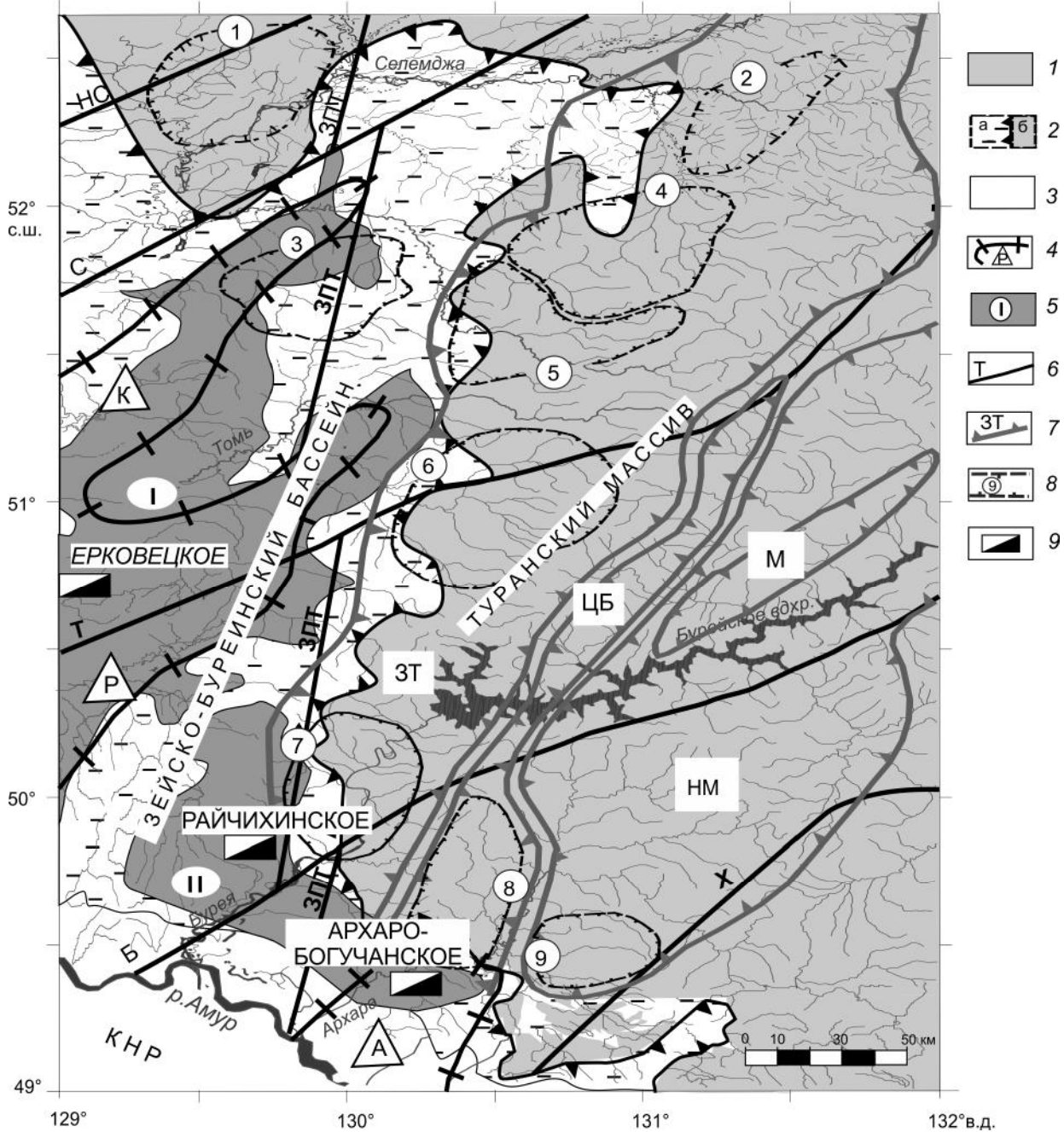
Супертеррейны: А – Аргунский, БЦ – Буреинско-Цзямусинский. 1 – геологические образования (AR, PR, PZ, MZ) южного обрамления Северо-Азиатского кратона; 2 – палеоокеанические комплексы (PZ-MZ<sub>1</sub>) Монголо-Охотского пояса; 3 – геологические образования (Є<sub>3</sub>, PZ, MZ) супертеррейнов (континентальных массивов) восточной части Центрально-Азиатского орогенного пояса; 4 – породы аккреционного клина (J, K<sub>1</sub>); 5–7 – вулcano-плутонические пояса: 5 – Бальшехинганский (J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>), 6 – Хингано-Охотский (K<sub>1</sub>-K<sub>2</sub>), 7 – Восточно-Сихотэ-Алинский (KZ<sub>1</sub>); 8 – впадины (MZ-KZ); 9 – главные разломы; 10 – район исследований.

нента, а на юге и востоке – Буреинско-Цзямусинским супертеррейном (рис. 1).

Бассейн характеризуется продолжительным (со средней юры по плиоцен) прерывисто-унаследованным развитием и широкими (палеоген-неоген) временными интервалами россыпеобразования и угленакопления. Трансгрессивный тип формирования бассейна в неотектонический этап обеспечивал образование эшелонированной системы разновысотных торфяных залежей, развивавшихся от центра к периферии, вдоль Зейско-Селемджинской, Екатеринославской и Архаринской зон устойчивого пригибания, дренируемых системами палеорек – Зеей, Селемджой, Томью и Архарой [16]. Туранский массив представляет собой крупное горноскладчатое сооружение, вытянутое вдоль восточной окраины Зейско-Буреинского бассейна на протяжении более 400 км. Основу его составляют палеозойские и раннемезозойские интрузивные образования

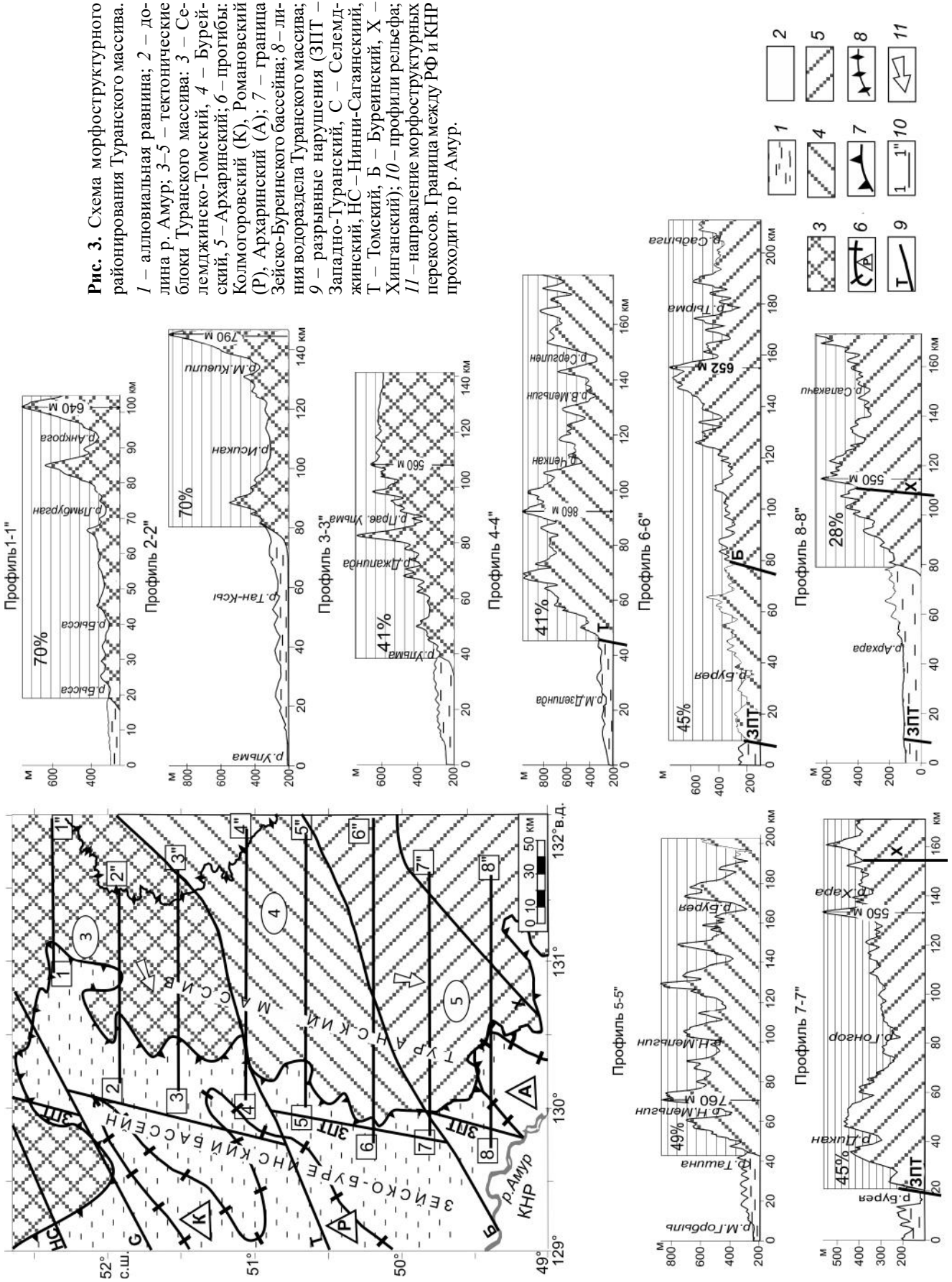
преимущественно кислого состава. Стратифицированные породы представлены докембрийскими и палеозойскими (?) отложениями Мельгинской зоны, а мезозойские – нижнемеловыми вулканогенно-осадочными породами, развитыми вдоль обрамления массива.

Непосредственно рассматриваемый район (рис. 2) охватывает зону сопряжения восточной окраины Зейско-Буреинского бассейна и периферию Туранского массива. В пределах этой территории в палеогене и неогене, после тектонической паузы в позднем мелу, были широко проявлены процессы активизации, выраженные в форме восходящих движений Туранского массива с амплитудой от 300 м [26] до 500 м [33] при колебательном режиме развития сопряженной с ним областью седиментации. Реализация процессов активизации осуществлялась движениями блоков вдоль сдвиговых зон разломов Нэньцзян-Селемджинской системы (Нинни-Сагаян-



**Рис. 2.** Схема минерагенического районирования Туранского массива.

1 – Туранский массив; 2 – граница Зейско-Буреинского бассейна (а) и горно-складчатого обрамления (б); 3 – долина р. Амур; 4 – прогибы: Колмогоровский (К), Романовский (Р), Архаринский (А); 5 – угленосные площади (I – Селемджинско-Ерковецкая, II – Завитинско-Архаринская); 6 – тектонические нарушения (ЗПТ – Западно-Туранский, С – Селемджинский, НС – Нинни-Сагайский, Т – Томский, Б – Буреинский, Х – Хинганский); 7 – минерагенические зоны (ЗТ – Западнотуранская цеолит-редкоземельно-серебро-золоторудно-россыпная, ЦБ – Центральнобуреинская олово-молибденово-ураново-золоторудно-россыпная, НМ – Нимано-Мельгинская редкоземельно-олово-молибденово-рудная, М – Мельгинская бериллиево-редкоземельно-оловорудная); 8 – комплексные золоторудно-россыпные узлы (1 – Майский, 2 – Бысинский, 3 – Гербичекский, 4 – Альдиконский, 5 – Майкурский, 6 – Алеунский, 7 – Семичинский, 8 – Архаринский, 9 – Соборный); 9 – буроугольные месторождения. Граница между РФ и КНР проходит по р. Амур.



ский, Селемджинский, Томский, Буреинский) и Тан-Лу (Хинганский и др.) [10, 12].

Региональный металлогенический фон Туранского массива определяют близмеридиональные Западно-Туранская цеолит-редкоземельно-серебро-золоторудно-россыпная, Центрально-Буреинская олово-молибденово-рудная и Восточно-Буреинская золотороссыпная зоны, выделенные в процессе составления Государственной геологической карты и карты полезных ископаемых нового поколения масштаба 1:1 000 000 [6]. В процессе изучения зоны сопряжения Зейско-Буреинского бассейна и Туранского массива авторами были также проанализированы материалы среднемасштабного геологического картирования [11, 18, 19, 35], монографии по рудным месторождениям, россыпному золоту, бурогольному месторождениям [3, 4, 26, 36], геохимическим исследованиям с оценкой ресурсного потенциала, вынесенного с Туранского массива в область аккумуляции [7]. Кроме этого в предлагаемой статье использованы авторские материалы последних лет по изучению металлогенических угленосных отложений, в том числе Ерковецкого, Райчихинского и Архаро-Богучанского месторождений [29, 32, 43].

Наряду с металлогеническим анализом территории, авторами были выполнены морфоструктурные построения зоны сопряжения Зейско-Буреинского бассейна и Туранского массива. С этой целью была построена морфоструктурная модель изучаемого региона с использованием данных SRTM (NASA Shuttle Radar Topography Mission) и проведен анализ структур по алгоритму идентификации и заполнения депрессий в цифровых моделях рельефа [44]. Моделирование, анализ поверхностей выравнивания и визуализация полученных данных выявлены по срезам 200 м, 400 м, 600 м и 800 м с использованием программного обеспечения Golden Software Surfer (USA).

Опробование углей Ерковецкого, Райчихинского и Архаро-Богучанского месторождений проводилось по разрезу пластов бороздовыми пробами секциями длиной 0.5–0.7 м весом 6–12 кг. Определение содержания редких и редкоземельных элементов Райчихинского и Архаро-Богучанского месторождений выполнены в Инновационно-аналитическом центре Института тектоники и геофизики (ИТиГ) ДВО РАН (г. Хабаровск) по «Методике измерений содержания металлов в твердых объектах методом ICP-MS». Определение этих элементов Ерковецкого месторождения проведено в Аналитическом центре Дальневосточного геологического института ДВО РАН (г. Владивосток) методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрофотометре iCAP 7000 Duo (Thermo Scientific corporation,

США). Химический состав частиц и их морфология изучались с помощью сканирующей электронной микроскопии (YEGA 3LMH) с энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором X-Max80 в Инновационно-аналитическом центре ИТиГ ДВО РАН (г. Хабаровск).

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Морфоструктуры зоны сопряжения Туранского массива и Зейско-Буреинского бассейна

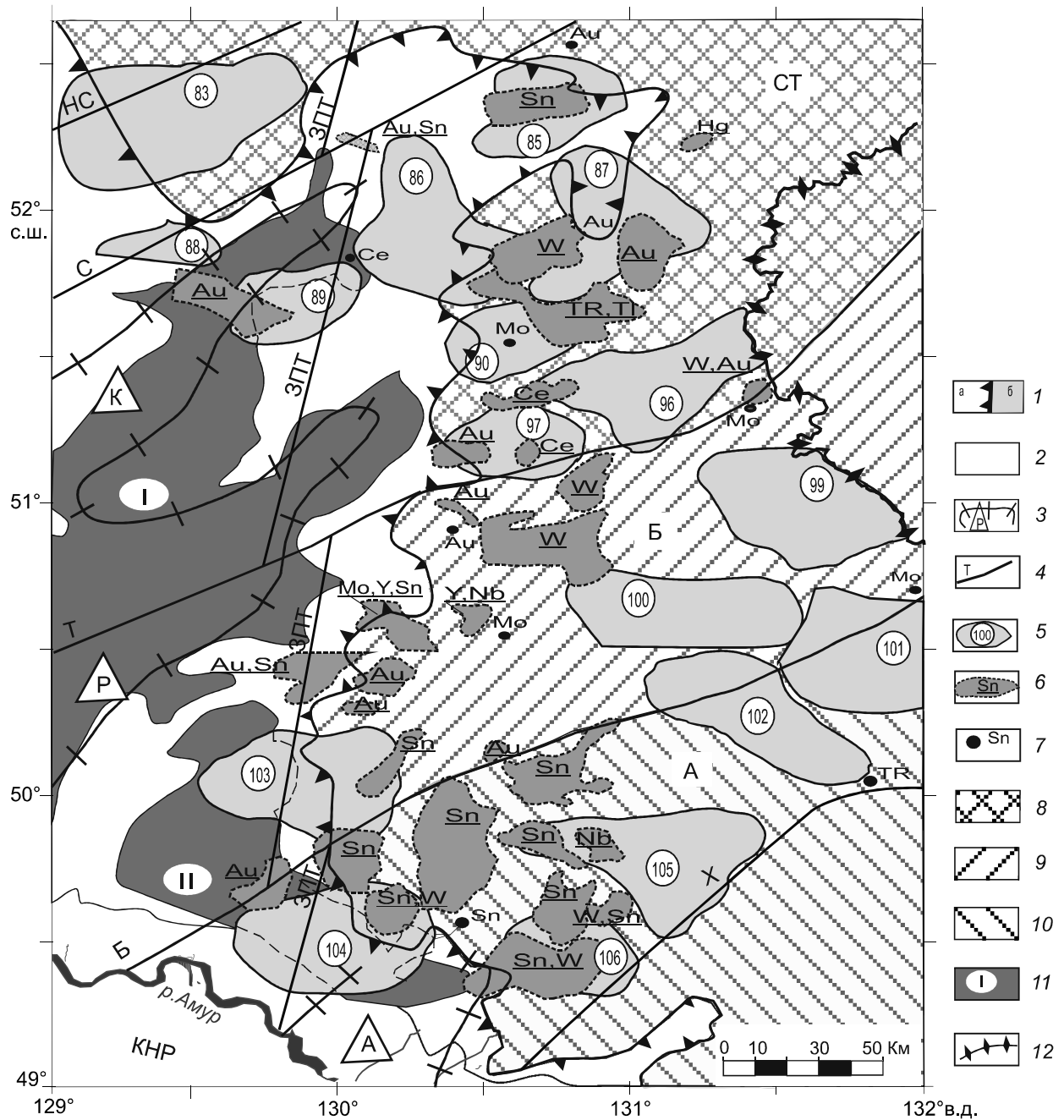
Материалы морфоструктурных построений свидетельствуют о клавишном строении Туранского массива. С севера на юг в массиве выделяются три блока, из которых Селемджинско-Томский и Архаринский представлены грабенами, а центральный (Бурейский) – горстом (рис. 3).

Селемджинско-Томский блок представляет собой эрозионно-денудационную депрессию, полого наклоненную к юго-западу, которая в пределах Зейско-Буреинского бассейна наращивается палеоген-неогеновыми отложениями Колмогоровского и Романовского прогибов с Селемджинско-Ерковецкой угленосной площадью. Депрессия освоена бассейнами рр. Селемджа и Томь с хорошо разработанными долинами с широким комплексом разновысотных террас в пределах денудационной равнины с абс. высотой 250–300 м, шириной от 60 км на севере и до 20 км у южной ее окраины. Восточная часть Селемджинско-Томского блока с абс. высотой 500–900 м представлена низкорьем и холмогорьем (рис. 3, профили 1-1", 2-2", 3-3").

Бурейский блок является стержневой структурой Туранского массива. Северная часть его приподнята на абс. высоту до 1000 м (рис. 3, профиль 4-4"), а южная – снижена до абс. высоты 500–800 м, создавая пологий наклон этой морфоструктуры в южном направлении. На левобережье р. Бурей блок осложнен эрозионно-денудационной депрессией с абс. высотами 250–300 м (рис. 3, профиль 6-6"), заложеной на погруженном Тюканском поднятии в пределах Зейско-Буреинского бассейна.

Южную окраину Туранского массива образует Архаринский блок в форме эрозионно-денудационной депрессии, подобной Селемджинско-Томской, с хорошо выраженным морфоструктурным перекосом поверхности с севера на юг, освоенной бассейном р. Архара. Депрессия формирует передовое звено одноименного мезозойско-кайнозойского прогиба с Завитинско-Архаринской угленосной площадью (рис. 3).

Аллювиальная равнина Зейско-Буреинского бассейна вдоль северо-восточного звена Туранского массива полого сопряжена с денудационной равниной



**Рис. 4.** Схема геохимического районирования Туранского массива.

1 – граница Зейско-Бурейнского бассейна (а) и горно-складчатого обрамления (б); 2 – долина р. Амур; 3 – прогибы: Колмогоровский (К), Романовский (Р), Архаринский (А); 4 – тектонические нарушения (ЗПТ – Западно-Туранский, С – Селенджинский, НС – Нинни-Сагаянский, Т – Томский, Б – Бурейский, Х – Хинганский); 5 – потоки рассеяния; 6 – шлиховые ореолы; 7 – шлихи с повышенными концентрациями элементов и минералов; 8–10 – геохимические районы: 8 – Селенджинско-Томский (СТ), 9 – Бурейский (Б), 10 – Архаринский (А); 11 – угленосные площади (Селенджинско-Ерковецкая (I), Завитинско-Архаринская (II)); 12 – линия водораздела Туранского массива. Граница между РФ и КНР проходит по р. Амур.

Таблица 1. Ресурсы полезных ископаемых по геохимическим районам (ГР) Туранского массива (по Д.Л. Вьюнову [7], с изменениями).

Номера потоков рассеяния	Ресурсы (Ag – в тоннах, остальные – в тыс.тонн)									
	Ag	Zn+Pb	Cu	Mo	W	Sn	Li	Be	Zr	Y+La
<b>Селемджинско-Томский геохимический район</b>										
83	20080	—	—	3	—	—	—	—	—	—
85	13300	380	46	7.1	5	4.4	—	—	—	—
86	6760	410	85	4.5	—	9	67	—	—	5
87	22400	850	82	5.9	—	6.7	51	—	—	7.1
88	15600	350	—	6.8	—	3.9	—	—	—	—
89	—	240	—	1.3	—	7	960	—	—	—
90	9010	670	30	3.3	—	1.6	—	—	—	—
96	44380	650	—	2.1	7	5	—	—	—	—
97	15160	14	—	1.5	—	3	—	425	—	77
<b>Сумма по ГР</b>	<b>146690</b>	<b>3564</b>	<b>243</b>	<b>39.1</b>	<b>12</b>	<b>48.6</b>	<b>1078</b>	<b>425</b>	<b>—</b>	<b>89.1</b>
<b>Эродировано в бассейн 70 % ресурсов</b>	<b>102683</b>	<b>2494.8</b>	<b>170.1</b>	<b>27.4</b>	<b>8.4</b>	<b>34.0</b>	<b>754.6</b>	<b>297.5</b>	<b>—</b>	<b>62.4</b>
<b>Бурейский геохимический район</b>										
99	320	1776	73	239	45	7	37	4.6	—	157
100	10122	22	—	3	—	4.4	—	0.4	—	75
103	8696	870	49	—	—	5	37	—	—	128
<b>Сумма по ГР</b>	<b>19138</b>	<b>2668</b>	<b>122</b>	<b>242</b>	<b>45</b>	<b>16.4</b>	<b>74</b>	<b>5.0</b>	<b>—</b>	<b>360</b>
<b>Эродировано в бассейн 44 % ресурсов</b>	<b>8420.7</b>	<b>1173.9</b>	<b>53.7</b>	<b>106.5</b>	<b>19.8</b>	<b>7.2</b>	<b>32.6</b>	<b>2.2</b>	<b>—</b>	<b>158.4</b>
<b>Архаринский геохимический район</b>										
101	—	—	—	3	84	30	—	—	4305	—
102	—	800	—	3	50	5	50	—	4366	—
104	—	1791	—	—	14	2.7	92	—	—	—
105	—	490	—	2.6	78	4	48	50	—	41
106	—	—	—	3.1	—	2	44	—	—	210
<b>Сумма по ГР</b>	<b>—</b>	<b>3081</b>	<b>—</b>	<b>11.7</b>	<b>226</b>	<b>43.7</b>	<b>234</b>	<b>50</b>	<b>8671</b>	<b>251</b>
<b>Эродировано в бассейн 40 % ресурсов</b>	<b>—</b>	<b>1232.4</b>	<b>—</b>	<b>4.7</b>	<b>90.4</b>	<b>17.5</b>	<b>93.6</b>	<b>20</b>	<b>3468.4</b>	<b>100.4</b>
Итого по нагорью	165828	9313	365	292.8	283	108.7	1386	480	8671	700.1
<b>Итого эродировано в бассейн</b>	<b>111103.7</b>	<b>44901</b>	<b>223.8</b>	<b>138.6</b>	<b>118.6</b>	<b>58.7</b>	<b>880.8</b>	<b>319.7</b>	<b>3468.4</b>	<b>321.2</b>

(рис. 3, профили 1-1", 2-2" и 3-3"). Южнее, на границе с Бурейским и Архаринским блоками, контрастность сопряжения с массивом возрастает в связи со спорадическим распространением денудационной равнины на юго-западной окраине Бурейского и Архаринского блоков.

Приведенные построения позволили уточнить морфоструктуру Туранского массива, степень его эродированности и, в конечном итоге, скорректировать, в варианте авторов, масштабы рудного материала [7], вынесенного в Зейско-Буреинский бассейн в неотектонический этап развития региона.

**Рудные компоненты Туранского массива, условия их транспортировки и накопления в пограничных областях аккумуляции**

Минералогия области зоны сопряжения Туранского массива и Зейско-Буреинского бассейна во

многом определяется степенью эродирования рудных объектов. Глубокий уровень эрозии цеолит-редкоземельно-серебро-золоторудно-россыпной Западно-туранской и Центральнобуреинской олово-молибденово-ураново-золоторудно-россыпной зон обеспечил формирование преимущественно шлиховых Au, Sn и потоков рассеяния Ag, (Zn+Pb), Mo, Cu и Li Селемджинско-Томского геохимического района (рис. 4, табл. 1). Южнее, с вовлечением в размыв бериллиево-редкоземельно-оловорудной Мельгинской и редкоземельно-олово-молибденово-рудной Нимано-Мельгинской зон, в Бурейском геохимическом районе сохраняются шлиховые ореолы Au и Sn (с появлением W), потоки рассеяния Ag, Mo при возрастании Y+La. В Архаринском геохимическом районе существенная роль принадлежит ореолам Sn, W, Zr, реже Au и потокам рассеяния Li и Y+La.

Таблица 2. Распределение микроэлементов (г/т) в палеогеновых бурых углях Приамурья.

Элементы	Месторождения бурых углей			Кларки
	Ерковецкое	Райчихинское	Архаро-Богучанское	
<b>Li</b>	19.35	6.40	14.97	10
<b>Be</b>	2.14	1.89	3.96*	1.2
Sc	3.20	3.68	5.20	4.1
V	25.61	40.02	33.92	22
Cr	36.04	30.39	17.89	15
Co	9.11	5.45	7.14	4.2
Ni	19.14	48.57	17.52	9
<b>Cu</b>	12.47	19.86	17.53	15
<b>Zn</b>	62.24*	44.97*	36.78*	18
Ga	10.97	12.15	11.09	5.5
Ge	0.96	3.42	1.61	2
Rb	35.34	18.64	35.06	10
Sr	156.69	106.62	82.13	120
<b>Y</b>	20.89*	14.23	19.45*	8.6
<b>Zr</b>	38.23	59.35	70.76*	35
Nb	4.95	8.56	6.56	3.3
<b>Mo</b>	0.82	1.10	2.45	2.2
<b>Sn</b>	2.51*	1.85*	1.63*	0.79
Cs	3.84	2.60	3.94	0.98
Ba	498.85	312.61	268.15	150
<b>La</b>	17.16	13.90	21.87*	10
<b>Ce</b>	30.22	28.57	53.88*	22
Pr	3.15	3.06	5.39	3.5
Nd	12.40	11.74	19.71	11
Sm	2.37	2.33	3.67	1.9
Eu	0.44	0.46	0.64	0.5
Gd	2.63	2.72	3.89	2.6
Tb	0.38	0.37	0.63	0.32
Dy	2.42	2.18	3.32	2
Ho	0.53	0.45	0.65	0.5
Er	1.59	1.40	2.06	0.85
Tm	0.20	0.20	0.31	0.31
<b>Yb</b>	1.27	1.35	2.09*	1
Lu	0.20	0.21	0.29	0.19
Hf	1.12	1.42	2.10	1.2
Ta	0.45	0.41	0.54	0.26
<b>W</b>	1.12	0.91	1.56	1.2
<b>Pb</b>	12.00	14.53*	18.37*	6.6

Примечание. Выделенные элементы сопоставимы с приведенными в таблице 1; \* обозначенные элементы двух- и трехкратно превышают их кларки.

Концентрация вышеприведенных элементов в шлиховых ореолах и потоках рассеяния происходила, начиная с раннего кайнозоя в палеосистемах Селемджи, Томи, Архары и их притоков. Дальнейшая их транспортировка в Колмогоровский, Романовский и Архаринский аккумулятивные прогибы осуществлялась в растворенной и кластогенной формах [42 и др.]. При их взаимодействии с болотными комплексами происходили процессы биосорбции химических элементов биомассой органической среды. Л.М. Павловой с коллегами (2019, 2020),

были проведены экспериментальные исследования возможных механизмов сорбции бурыми углями Сергеевского месторождения (Амурская область), гуминовыми кислотами, биомассой микромицетов потенциально ценных элементов-примесей из микрокомпонентных систем. Установлена существенная роль в этом процессе гуминовых кислот, которые преимущественно за счет ионного обмена могут фиксировать большое количество рудных элементов (Cu, Cr, Ln, Pb, Co, Ni и Fe) с образованием органоминеральных соединений [22].



Авторами проанализировано распределение рудных элементов в бурых углях Ерковецкого, Райчихинского и Архаро-Богучанского месторождений, вынесенных, соответственно, из Селемджинско-Томского, Бурейского и Архаринского геохимических районов (рис. 2, табл. 2).

Приведенные в таблице данные показывают, что содержание элементов в углях, в большинстве своем, превышает кларки, а в ряде случаев, по редким металлам (Zn, Sn, Pb, Li, Be, Zr) и редкоземельным элементам (La, Ce, Y) – в 2–3 раза.

Благородные металлы изучались в углях в кластогенных формах в отдельных фракциях продуктов сгорания углей (шлак, зола уноса, шлам) Ерковецкого, Райчихинского [30, 32] и Архаро-Богучанского месторождений. Они составлены двумя разновидностями. Первые – массивные комковатые индивидуумы Au, Ag и Pt, некоторые из которых с обработанной поверхностью в водной среде, с элементами-примесями – гематитом, кварцем, оксидами железа, рутилом, сульфидами меди, алюмосиликатами, касситеритом, галенитом и др. Вторая разновидность – рыхлые агрегаты благородных металлов, слабо сцементированные оксидами железа и ртути, легко распадающиеся на отдельные частицы.

#### ВЫВОДЫ

1) Выполнен комплексный морфоструктурный, палеографический и металлогенический анализ зоны сопряжения Зейско-Буреинского бассейна и Туранского массива. Установлено блоковое строение массива, центральную часть которого образует Бурейский горст, обрамленный Селемджинско-Томским и Архаринским грабенами. Последние представляют собой эрозионно-денудационные депрессии, сопряженные, соответственно, с Колмогоровским и Романовским прогибами северо-восточного простирания и с Архаринским прогибом меридионального направления, контролируемые транзитными артериями – палео-Селемджой, палео-Томью и палео-Архарой, с которыми связан вынос рудных компонентов в Селемджинско-Ерковецкую и Завитинско-Архаринскую области торфонакопления.

2) Проведено геохимическое районирование Туранского массива с выделением Селемджинско-Томского, Бурейского и Архаринского геохимических районов. В соответствии с различной степенью эродированности Туранского массива приведены объемы полезных компонентов, перемещенных в палеогене–неогене в Зейско-Буреинский бассейн. Проанализировано распределение рудных элементов в шлиховых ореолах и потоках рассеяния Туранского массива и

рудных компонентов, установленных в бурых углях Ерковецкого, Райчихинского и Архаро-Богучанского месторождений, доказывающее связь питающих провинций и областей седиментации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов В.Ю. Формирование химического состава подземных вод в экстремальных термодинамических условиях: Дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М., 2015. 196 с.
2. Арбузов С.И., Финкельман Р.Б., Ильенко С.С., Маслов С.Г., Межибор А.М., Блохин М.Г. Формы нахождения редкоземельных элементов (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) в углях Северной Азии // Химия твердого топлива. 2019. № 1. С. 3–25.
3. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы горнорудной промышленности Дальнего Востока: стратегическая оценка возможностей освоения. Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2017. 820 с.
4. Атлас основных золотороссыпных месторождений юга Дальнего Востока и их горно-геологические модели / Сорокин А.П., Ван-Ван-Е А.П., Глотов В.Д. и др. Владивосток, Благовещенск, Хабаровск: ДВО РАН, 2000. 334 с.
5. Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Баранова Н.Н. Комплексообразование золота (III) с фульвокислотами и геохимическая роль этого процесса // Геохимия. 1984. № 3. С. 413–420.
6. Волкова Ю.Р., Щадрина Н.И., Петрук Н.Н. Карта полезных ископаемых. 1:1 000 000. Лист М-52 (Благовещенск). Дальневосточная серия. СПб: Картф-ка ВСЕГЕИ, 2012.
7. Вьюнов Д.Л. Прогнозно-геохимическая оценка металлоносности Верхнего Приамурья: Дис. ... канд. геол.-минер. наук: Благовещенск, 2005. 102 с.
8. Вялов В.И., Богомолов А.Х., Шишов Е.П., Чернышев А.А. Угольные месторождения Дальнего Востока России и ресурсный потенциал содержащихся в них ценных металлов // Георесурсы. 2017. Спецвыпуск. Ч. 2. С. 256–262.
9. Геодинамика, магматизм и металлогения востока России / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
10. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. 1:2 500 000: Объясн. зап. / Л.И. Красный (ред.). СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. 135 с.
11. Гончаров В.Н. Карта полезных ископаемых СССР масштаба 1 : 200 000. Лист М-52-ХI (г. Купол). Хингано-Буреинская серия / Ред. В.К. Путинцев. Л.: Аэрогеология, 1978.
12. Забродин В.Ю., Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Разломная тектоника материковой части Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2015. 132 с.
13. Крапивенцева В.В. Металлоносность углей Приамурья // Тихоокеан. геология. 2005. Т. 24, № 1. С. 73–84.
14. Кузьминых В. М., Сорокин А. П. Миграция и накопление золота при гипогенных процессах // Вестн. ДВО РАН. 2004. № 2. С. 113–119.
15. Лаврик Н.А. Благородные металлы в бурых углях Сутарского проявления // ГИАБ. 2009. №. S5. С. 70–78.
16. Молодые платформы восточной окраины Евразии (глубинное строение, условия формирования и металлогения) / Науч. ред. А.П. Сорокин. Владивосток: Дальнаука, 2013. 366 с.
17. Неженский И.А., Вялов В.И., Мирхалевская Н.В., Чернышов А.А. Геолого-экономическая оценка редкометалльной составляющей бурогольных месторождений Приморско-

- го края // Регион. геология и металлогения. 2013. № 54. С. 99–108.
18. Осипова Н.К. Карта полезных ископаемых СССР. 1:200 000. Лист М-52-XXIII (Архара). Хингано-Буреинская серия / Ред. Л.Б. Кривицкий. Л.: Аэрогеология, 1975.
  19. Осипова Н.К. Карта полезных ископаемых СССР. 1:200 000. Лист М-52-XVII (Чеугда). Хингано-Буреинская серия / Ред. Л.Б. Кривицкий. Л.: Аэрогеология, 1976.
  20. Павлова Л.М., Шумилова Л. П., Радомская В.И., Сорокин А.П., Иванов В.В. Биосорбция химических элементов из многокомпонентных растворов биомассой микроскопических грибов // Докл. АН. 2019. Т. 488, № 4. С. 423–426.
  21. Павлова Л.М., Радомская В.И., Шумилова Л.П., Сорокин А.П., Радомский С.М. Сорбция элементов-примесей компонентами ниже-среднемиоценовых бурых углей Сергеевского месторождения (Верхнее Приамурье) // Докл. АН. 2020. Т. 492, № 2. С. 57–60.
  22. Радомская В.И., Носкова Л.П., Павлова Л.М. Взаимодействие хлоридных комплексов золота и палладия с гуминовыми кислотами // Вестн. Иркутск. гос. техн. ун-та. 2014. № 8 (91). С. 62–68.
  23. Рассказова А. В., Лаврик Н. А., Литвинова Н. М., Богомяков Р. В. Исследование распределения золота в материале золошлаковых отходов // ГИАБ. 2016. № S21. С. 282–296.
  24. Середин В.В. АУ-PGE-минерализация на территории Павловского бурогоугольного месторождения, Приморье // Геология руд. месторождений. 2004. № 2. С. 40–71.
  25. Середин В.В. Распределение и условия формирования благороднометалльного оруденения в угленосных впадинах // Геология руд. месторождений. 2007. Т. 49, № 1. С. 3–36.
  26. Сорокин А.П. Морфоструктуры и кайнозойские россыпи золота Приамурья. М.: Наука, 1990. 105 с.
  27. Сорокин А.П., Чантурия В.Н., Рождествина В.И., Кузьминых В.М., Жмодик С.М. Нетрадиционные типы благороднометалльного, редкометалльного и редкоземельного оруденения в угленосных бассейнах Дальнего Востока // Докл. АН. 2012. Т. 446, № 6. С. 672–676.
  28. Сорокин А.П., Рождествина В.И., Кузьминых В. М., Жмодик С.М., Анохин Г.Н., Митькин В.Н. Закономерности формирования благородно- и редкометалльного оруденения в кайнозойских угленосных отложениях Дальнего Востока // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 7. С. 876–893.
  29. Сорокин А.П., Конюшок А.А. Распределение редких металлов и редкоземельных элементов в бурогоугольных месторождениях Верхнего и Среднего Приамурья // Докл. АН. 2018. Т. 483, № 6. С. 662–665.
  30. Сорокин А.П., Конюшок А.А., Агеев О.А., Кузьминых В.М. Минералого-геохимические особенности самородного золота в продуктах сгорания углей Ерковецкого месторождения (Верхнее Приамурье) // ФТПРПИ. 2019. № 4. С. 141–150.
  31. Сорокин А.П., Конюшок А.А., Кузьминых В.М., Артеменко Т.В., Попов А.А. Распределение кайнозойских металлоносных угленосных месторождений в Зейско-Буреинском осадочном бассейне (Восточная Сибирь): тектоническая реконструкция и палеогеографический анализ // Геотектоника. 2019. № 2. С. 33–45.
  32. Сорокин А.П., Чантурия В.А., Агеев О.А., Дугин С.В. Морфологические характеристики благородных металлов в продуктах сгорания углей Архаро-Богучанского месторождения (Приамурье) // Химия твердого топлива. 2020. № 4. С. 8–20.
  33. Уфимцев Г.Ф. Тектонический анализ рельефа (на примере востока СССР). Новосибирск: Наука, 1984. 182 с.
  34. Чекрыжов И.Ю., Нечаев В.П., Высоцкий С.В., Тарасенко И.А. Редкоземельные угли Приморья // Комплексное использование потенциала каменных и бурых углей и создание комбинированных экологически безопасных технологий их освоения. Всерос. конф с междунар. участием, 19–22 сентября 2017 г., Благовещенск. Благовещенск, 2017. С. 113–116.
  35. Чепыгин В.Е. Карта полезных ископаемых СССР масштаба 1:200 000. Лист М-52-VI (р. Иса). Хингано-Буреинская серия / Ред. В.К. Путинцев. Л.: Аэрогеология, 1977.
  36. Эйриш Л.В. Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток: Дальнаука, 2002. 194 с.
  37. Dai S., Li D., Ren D., Tang Y., Shao L., Song H. Geochemistry of the late Permian No 30 coal seam, Zhijin Coalfield of southwest China: influence of a siliceous low-temperature hydrothermal fluid // Appl. Geochem. 2004. V. 19. P. 1315–1330.
  38. Dai S., Finkelman R.B. Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects // Intern. J. Coal Geol. 2018. V. 186. P. 155–164.
  39. Hower J.C., Eble C.F., Dai S., Belkin H.E. Distribution of rare earth elements in eastern Kentucky coals: Indicators of multiple modes of enrichment // Intern. J. Coal Geol. 2016. V. 160–161. P. 73–81.
  40. Ketris M.P., Yudovich Ya.E. Estimations of clarkes for carbonaceous biolithes: world averages for trace element contents in black shales and coals // Intern. J. Coal Geol. 2009. V. 78. P. 135–148.
  41. Lin R., Bank T.L., Roth E.A., Granite E.J., Soong Y. Organic and inorganic associations of rare earth elements in central Appalachian coal // Intern. J. Coal Geol. 2017. V. 179. P. 295–301.
  42. Orem W.H., Finkelman R.B. Coal Formation and Geochemistry // Sediments, diagenesis, and sedimentary rocks: Treatise on geochemistry / F.T. McKenzie (ed.). Oxford: Elsevier-Pergamon, 2003. V. 7. P. 191–222.
  43. Sorokin A.P., A.A. Konyushok, O.A Ageev, N.V. Zarubina, V.V. Ivanov, J. Wang. Distribution of rare earth and selected trace elements in combustion products of Yerkovetskoe brown coal deposit (Amur Region, Russia) // Energy Exploration & Exploitation. 2019. V. 37(6). P. 1721–1736.
  44. Wang L., Liu H. An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling // Int. J. Geogr. Inf. Sci. 2006. V. 20(2). P. 193–213.

*Рекомендована к печати А.И. Ханчуком*

после доработки 18.02.2021 г.  
принята к печати 27.05.2021 г.

*A.P. Sorokin, N.I. Belozarov, A.A. Popov*

**Forms of the ore components occurrence and the conditions of their transport processes into brown coals within the contrast forms zones of sedimentary basins and mining-folded structures conjunction (based on the examples of the Zeya-Bureya basin and Turan massif) (Far East, Russia)**

The conditions for the formation of the Paleogene-Neogene metalliferous coal in an atmosphere of activation of tectonic movements in the area of interfacing Turan array and Zeya-Bureya basin have been studied. The keyboard structure of the massif with the Seledzha-Tomsk and Arkhara grabens, separated by the Bureya horst, bounded by systems of northeastern strike-slip faults, has been established. It is shown that the most favorable conditions for the ore microcomponents accumulation in coals occurred within the submerged blocks of the massif due to the erosion of Late Cretaceous ore-bearing crust of the weathered chemical type. The migration of microcomponents was carried out by a paleohydro-network that drained the grabens and associated sedimentation troughs of the eastern margin of the Zeya-Bureya basin. Ore material was transported to the areas of coal accumulation mainly in dissolved and clastogenic forms, as evidenced by the similarity of the element composition in the coals of the Zeya-Bureya basin and in the geochemical anomalies of the Turan massif.

**Key words:** brown coals, ore components, scattering fluxes, concentrate extraction areas, geochemical regions, weathering crust, forms of the ore components occurrence and ore transport processes, Turan massif, Zeya-Bureya basin.